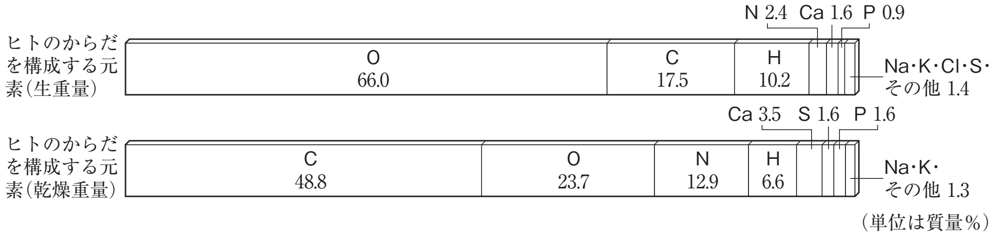
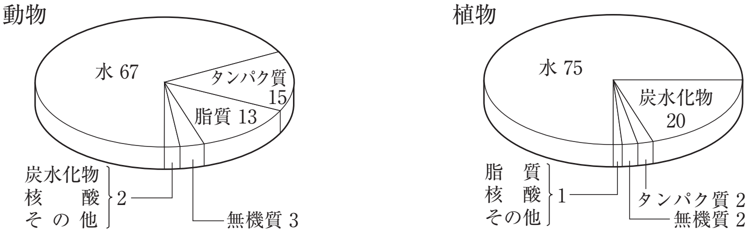
第3講　タンパク質と酵素

■生体を構成する成分

◆生物に含まれる元素

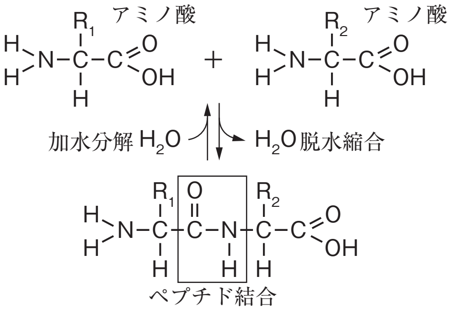


◆生物を構成する物質



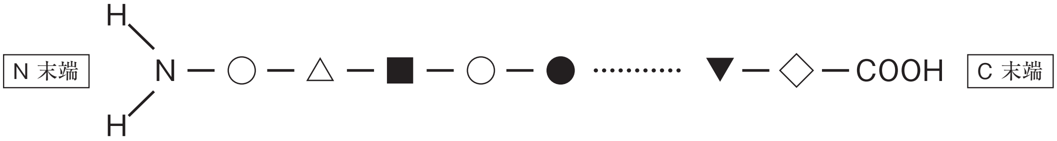
■タンパク質　…生体内高分子の一種

アミノ酸が互いのカルボキシル基，アミノ基間でペプチド結合



n=1　アミノ酸
n=2　ジペプチド
n=3　トリペプチド
⋮
n>20　ポリペプチド
↓
タンパク質

・側鎖は20種類　⟶　アミノ酸も20種類

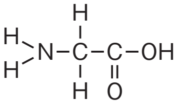


n個のアミノ酸からなるポリペプチド鎖
⟶　20^nの多様性
⟶　多様な構造の実現
⟶　<u>生物種，生命現象の多様性を裏打ちする重要な物質</u>

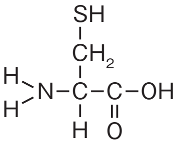
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

◆アミノ酸

・グリシン



・システイン



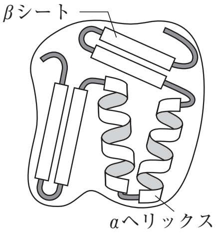
■タンパク質の多次構造

・一次構造　…ポリペプチド鎖におけるアミノ酸配列

・二次構造　…ポリペプチド鎖のアミノ酸間の水素結合によってなされる部分的な典型構造

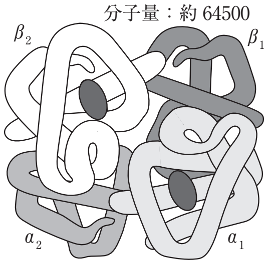
ex　αヘリックス（らせん）構造　　βシート（平面）構造

・三次構造　…二次構造がさらに複雑に組み合わさることで出来る，各ポリペプチド鎖に固有の全体的な立体構造



・四次構造　…複数の三次構造体（ポリペプチド鎖）の複合による

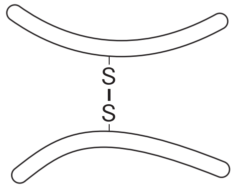
ex ヘモグロビン



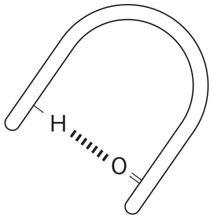
４つのサブユニット（$α_1α_2β_1β_2$からなる。）

立体構造を形成する力

・S−S結合



・水素結合



<u>タンパク質は“固有の一次構造”から形成される“固有の立体構造”を持ち，そこから生まれる“固有の機能”を持つ</u>

■タンパク質の分類

触媒作用　…　酵素　　ex　アミラーゼ，リガーゼ

情報伝達　…　ホルモン，受容体　　ex インスリン　ホルモン受容体

生体防御　…　抗体（免疫グロブリン），MHC

細胞接着　…　カドヘリン，インテグリン

物質輸送　…　ヘモグロビン，ナトリウムポンプ，カリウムイオンチャネル

細胞骨格　…　アクチン，ケラチン，チューブリン

モータータンパク質　…　ミオシン，キネシン，ダイニン

支持　　　…　コラーゲン，フィブリノゲン

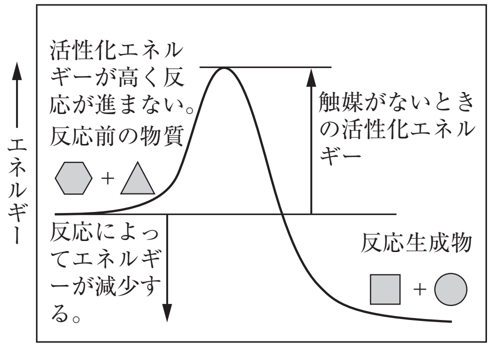
ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

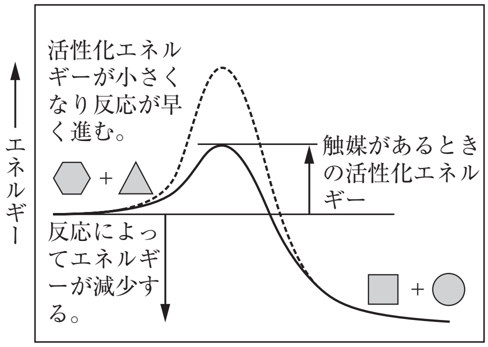
■**酵素**　…　触媒作用を持ったタンパク質
　　　　　　生体内における各種反応を調節

活性化エネルギーを下げることで反応を促進，反応の前後で自身は変化しない。

触媒なし



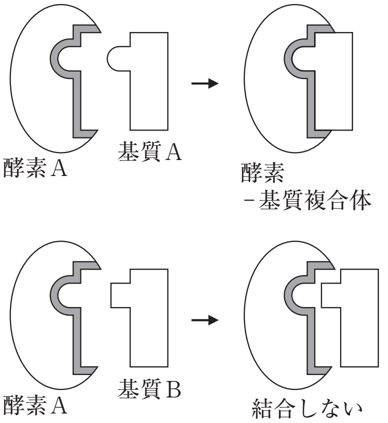
触媒あり



■**酵素の特性**

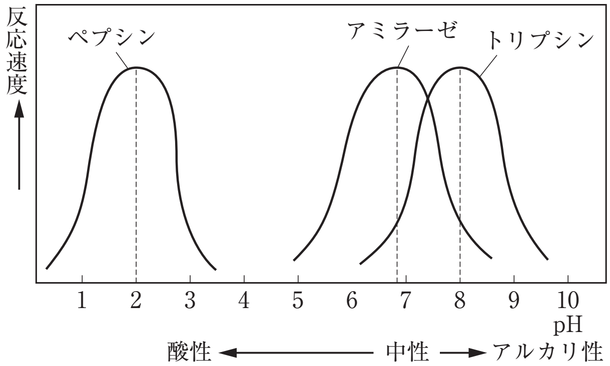
◆**基質特異性**

…　酵素は特定の基質にのみ反応性を示す。



◆**最適pH**

…　酵素には高活性を示す最適なpHがある

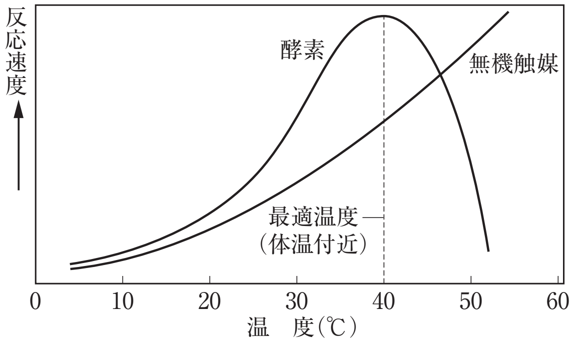


◆**最適温度**　…　酵素には高活性を示す最適な温度がある。

無機触媒（MnO_2）

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

生体触媒（カタラーゼ）



ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第3講　演習問題

次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

タンパク質を構成するアミノ酸は［ 1 ］種類であり，1個の中央炭素原子に結合する［ 2 ］基と［ 3 ］基，そして1個の水素原子を共通してもつ。一方，一般に［ 4 ］とよばれる構造は，アミノ酸ごとに異なる化学構造をもつ。タンパク質は複数のアミノ酸が数珠（じゅず）つなぎに結合しているが，隣り合うアミノ酸同士は［ 5 ］結合で結びついている。

アミノ酸の［ 6 ］をタンパク質の一次構造とよぶ。一方，タンパク質の二次構造には［ 7 ］構造と［ 8 ］構造が知られている。例えばミオグロビンタンパク質には［ 7 ］構造が，フィブロインタンパク質には［ 8 ］構造が多く見られる。

タンパク質中ではシステインの［ 4 ］同士がS－S結合を形成することがある。リボヌクレアーゼAというタンパク質では，8個のシステインが4組のS－S結合を形成するが，(a)リボヌクレアーゼAの活性には特定のS－S結合が必要である。これら4組のS－S結合が1つでも欠けたり，間違ったS－S結合が形成されるとリボヌクレアーゼAは完全に活性を失う。リボヌクレアーゼA中のS－S結合は，試験管内で切断と再結合を行うことができる。(b)S－S結合を切断するとリボヌクレアーゼA溶液は完全に活性を失うが，S－S結合の再生処理を施（ほどこ）すと溶液の活性は回復する。

問1　［ 1 ］～［ 8 ］に当てはまる最も適切な語を記せ。

問2　下線部(a)について，なぜリボヌクレアーゼAの活性には特定のS－S結合が必要なのか，60字以内で述べよ（句読点を含む）。「S－S」を用いる場合は3文字とする。

問3　下線部(b)について以下の問いに答えよ。

(1)　活性を失ったリボヌクレアーゼA溶液に対し，S－S結合がでたらめに（ランダムに）形成されるよう処理を行った。この場合，4組のS－S結合の可能な組み合わせは何通りか答えよ。

(2)　S－S結合切断前のリボヌクレアーゼA溶液の活性を100％とし，S－S結合をランダムに再生させたリボヌクレアーゼA溶液の活性を相対値［％］で予想せよ。有効数字は2けたとする。ただし，S－S結合はタンパク質1分子内のみで形成され，4組のS－S結合の可能な組み合わせは同じ確率で出現すると仮定する。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問4　細菌類の生育温度には広い幅がある。約10℃から100℃の間で生育する複数種の細菌類において，タンパク質中のＳ－Ｓ結合数を計算したところ，図1が得られた。図1では，各細菌のＳ－Ｓ結合数を縦軸に，生育温度を横軸に示す。ただし，細菌類の間でタンパク質中に含まれるシステインの数は大きく違わないとする。

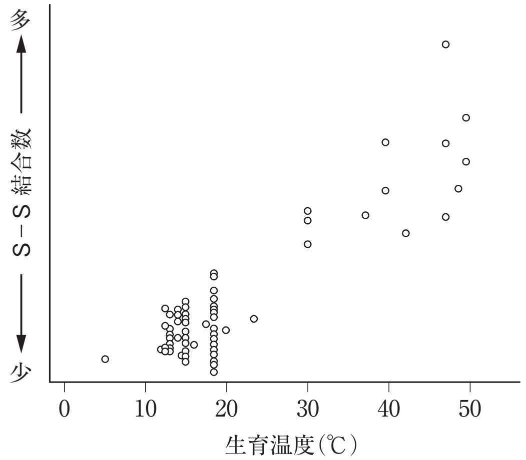


図1

(1)　生育温度20℃から40℃の細菌類のタンパク質と比べ，60℃以上で生育する細菌類(好熱性細菌類)のタンパク質にはどのような特徴があるか，20字以内で述べよ(句読点を含む)。「Ｓ－Ｓ」を用いる場合は3文字とする。

(2)　(1)で答えた傾向は，好熱性細菌類のタンパク質にどのような特性を与えると考えられるか，40字以内で述べよ(句読点を含む)。「Ｓ－Ｓ」を用いる場合は3文字とする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第３講　確認テスト

次の文を読み，下記の問いに答えよ。

文１

タンパク質は細菌や動物細胞では水の次に多く含まれる物質であり，水を除いた物質の50％以上を占めている。(ア)タンパク質の構造は複雑であるが，どれも多数のアミノ酸が鎖状につながった分子である。タンパク質は生体内において，多様で重要な役割をはたしている。(イ)生体内では，さまざまな化学反応がおこっているが，そのほとんどは酵素が関係する酵素反応である。酵素は生体でつくられ，その本体はタンパク質であるので生体触媒とよばれる。タンパク質には，酵素としてはたらくもの以外にも，さまざまなはたらきをするものがある。筋肉運動，生体防御，細胞間情報伝達や細胞内外の物質輸送などにも，タンパク質が重要な役割を果たしている。

問１　下線部(ア)に関する次の文を読み，空欄に入る語として最も適切なものを解答群から選びなさい。

タンパク質を構成するアミノ酸は１つの炭素原子にアミノ基・カルボキシル基・水素原子・側鎖が結合した構造をしている。このアミノ基とカルボキシル基をそれぞれ α-アミノ基・α-カルボキシル基とよぶ。タンパク質分子中におけるアミノ酸どうしの結合は，一方のアミノ酸の α-カルボキシル基ともう一方のアミノ酸の α-アミノ基との間で，水１分子が失われて生じるもので，[1]とよばれる。タンパク質はポリペプチドからなり，多くの種類が存在するが，それはポリペプチドを構成するアミノ酸の数や種類，配列順序の違いによっている。アミノ酸の配列はタンパク質のもっとも基本的な構造で，一次構造とよばれる。１本のポリペプチドが折りたたまれてつくる特有な立体構造を三次構造とよぶ。三次構造の一部には，規則的に折りたたまれた構造がよく見られ，[2]やシート状の[3]は[4]とよばれる。

解答群

①　エーテル結合	②　エステル結合	③　ペプチド結合	④　ジグザグ構造
⑤　せんい構造	⑥　らせん構造	⑦　二次構造	⑧　四次構造

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　下線部(イ)に関して**適切でないもの**を選びなさい。

①　すい液に含まれるリパーゼは脂肪分解酵素で，最適pHは約９である。

②　だ液ではたらくアミラーゼの最適pHは約７である。

③　胃ではたらくペプシンはタンパク質分解酵素で，最適pHは約２である。

④　腸ではたらくトリプシンはタンパク質分解酵素で，最適pHは約８である。

⑤　多くの酵素は60～70℃でそのはたらきを失う。これは，酵素タンパク質の立体構造が変化して基質と結合できなくなるからである。

⑥　アミラーゼはデンプンをマルトースに分解し，マルターゼはグルコースをマルトースに分解する。

⑦　リパーゼは加水分解酵素である。

文２

洗濯用洗剤にはさまざまな種類のものがあるが，酵素洗剤はその１つである。衣服の汚れには，汗などの人間の体から出たものと，食物のかす，ちり，ほこり，泥などが含まれている。このうち体から出た汚れの主な成分は，タンパク質と脂肪（あぶら）である。そこで，酵素洗剤には，細菌がつくりだしたタンパク質分解酵素や脂肪分解酵素（リパーゼ）などが配合されている。

問３　タンパク質分解酵素の一般的性質として，正しいものはどれか。次の①～⑥のうちから２つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。

①　タンパク質を分解するとペプチドが生成されるが，アミノ酸は生成されない。

②　酵素の種類を変えても，あるタンパク質を分解してできる分解物の種類は変わらない。

③　タンパク質の分解反応に水分子は関与しない。

④　タンパク質を完全に分解してできる分解物の種類は，酵素の量を増しても変わらない。

⑤　酵素によるタンパク質の分解速度は，常温では塩酸による分解速度より遅い。

⑥　タンパク質の分解反応の前後で，酵素自身の性質はほとんど変化しない。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問４　酵素洗剤に関する記述として，**誤っているもの**はどれか。次の①〜⑥のうちから１つ選べ。

①　多くの合成洗剤は弱アルカリ性なので，用いる酵素の最適pHは弱酸性が望ましい。

②　汚れにはさまざまな物質が含まれるので，酵素の基質特異性は低い方が望ましい。

③　酵素のはたらきを保つには，洗剤によって酵素の化学的性質が変化しないことが望ましい。

④　酵素を２種類用いる場合には，両酵素の最適pHが近いことが望ましい。

⑤　酵素による分解量は時間とともに増すので，あらかじめ酵素洗剤液に浸け置くことが望ましい。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第３講　演習問題

問１　[1] 20　[2]，[3] カルボキシル基，アミノ基（順不同）
[4] 側鎖　[5] ペプチド　[6] 配列（配列順序）
[7] らせん（ヘリックス）　[8] ジグザク（シート，平面）

問２　特定な位置にＳ－Ｓ結合ができることで，リボヌクレアーゼＡは酵素活性を発揮できる特異的な立体構造をとることができるから。(59)

問３　(1)　105通り　(2)　0.95％

問４　(1)　好熱性細菌のタンパク質ではＳ－Ｓ結合が多い。(20)
(2)　Ｓ－Ｓ結合の存在によって構造的に安定化し，高温でも変性せずに活性が維持される。(39)

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第３講　確認テスト

問１　1　③　　2　⑥　　3　④　　4　⑦
問２　⑥
問３　④，⑥
問４　①

【解説】

問１　生体内で機能するタンパク質は，アミノ酸のカルボキシル基と別のアミノ酸のアミノ基が脱水縮合で直鎖状に結合したポリペプチドで出来ている。このアミノ酸間で起こる脱水縮合を特に，ペプチド結合と呼ぶ。ポリペプチドは局所的にらせん状の構造(αヘリックス)やシート状のジグザグ構造(βシート)などの二次構造を取りながら複雑に折りたたまれ，タンパク質固有の立体構造を形成する。このタンパク質に固有の全体的な立体構造を三次構造と呼ぶ。

問２　⑥が不適切である。アミラーゼはデンプンをマルトースに分解するのは正しいが，マルターゼはマルトースをグルコースに分解する酵素である。基質と生成物の関係が逆である。その他の選択肢は正しい。リパーゼの最適pHは一般的な知識ではないが，リパーゼがすい液に含まれることを考慮すると，その最適pHが弱塩基性にずれていることは十分予測できる。

問３　④，⑥が正しい。④について，特定の酵素が切断できる箇所は決まっているため，一定量のタンパク質が完全に分解されて出来る生成物の種類は，酵素の量によらず一定となる。⑥は触媒の一般的な性質である。①について，タンパク質が分解された場合，ペプチドの末端が切断されることでアミノ酸が生成されることも起こり得るので不適。②について，タンパク質のどの部分を切断するかは酵素の特異性によって決定しているので，酵素が変われば切断箇所も変わるため，生成物の種類も変わる。③について，アミノ酸間のペプチド結合は加水分解で切断されるため水が関与する。⑤について，酵素の触媒活性は非常に強力であり，塩酸による非特異的な作用よりも触媒活性は大きい。

問４　①が誤っている。①について，合成洗剤は弱アルカリ性なのであれば，用いる酵素の最適ｐＨも弱アルカリ性である方が効果的に汚れを落とせる。その他の内容は全て正しい。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。